

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-022539

(43)Date of publication of application : 23.01.1996

(51)Int.Cl.

G06T 5/20
H04N 1/409

(21)Application number : 06-177573

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI MEDICAL CORP

(22)Date of filing : 06.07.1994

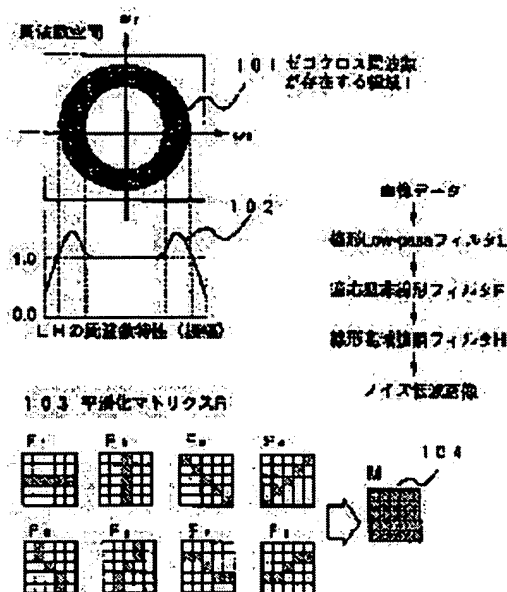
(72)Inventor : KIDO KUNIIKO
SANO KOICHI
TAGUCHI JUNICHI

(54) PICTURE PROCESSING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the preprocessing and the postprocessing which increase the noise reduction effect while preventing the occurrence of the picture distortion and the false image due to the adaptive nonlinear filter processing.

CONSTITUTION: A matrix of the minimum size which can include all of smoothing matrixes F_i ($i=1, 2, \dots$) is denoted as $M(104)$. Components having maximum absolute values are selected from corresponding components of smoothing matrixes F_i ($i=1, 2, \dots$) as respective components of the matrix M . A band I including all of zero-crossing frequencies is determined in accordance with the frequency characteristic of a linear filter based on the matrix M . A filter to attenuate the high frequency side including the band I is determined as a linear low-pass filter, and a linear high band emphasis filter H is so determined that a synthesized filter LH consisting of filters L and H emphasizes the band I (102). Picture data is subjected to synthesized filter processing LFH to reduce the noise.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	05.07.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3434581
[Date of registration]	30.05.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-22539

(43)公開日 平成8年(1996)1月23日

(51)Int.Cl.⁹

G 0 6 T 5/20
H 0 4 N 1/409

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 15/ 68 4 1 0
H 0 4 N 1/ 40 1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-177573

(22)出願日 平成6年(1994)7月6日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72)発明者 木戸 邦彦

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(72)発明者 佐野 耕一

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(74)代理人 弁理士 矢島 保夫

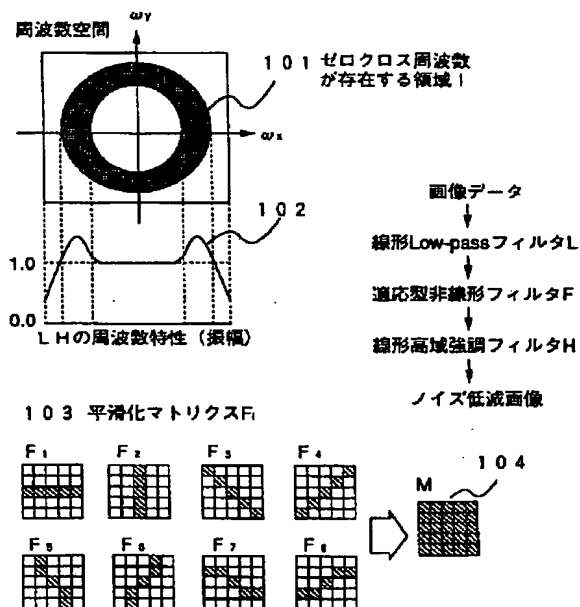
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】適応型非線形フィルタ処理により発生する画像歪みや偽像の発生を防ぎながらノイズ低減効果を高めるための前後処理を提供する。

【構成】平滑化マトリクス $F_i (i=1, 2, \dots)$ の全てを含むことができる最小サイズのマトリクスを $M (104)$ とする。ここでマトリクス M の各成分は、各平滑化マトリクス $F_i (i=1, 2, \dots)$ の対応する成分から絶対値が最大なものを選ぶ。このマトリクス M による線形フィルタの周波数特性から、ゼロクロスする周波数すべてを含む帯域 I を決定する。線形Low-passフィルタ L として領域 I を含む高周波側を減衰させるものと、線形高域強調フィルタ H としてフィルタ L とフィルタ H による合成フィルタ LH がちょうど領域 I を強調するもの(102)を決定する。そして、画像データに合成フィルタ処理 LH を施すことによってノイズ低減を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数個用意されたマトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)から画像データの各画素ごとに1つのマトリクス F_i を選択し、選択したマトリクス F_i を用いて平滑化を行うフィルタ処理 F を含み、

上記フィルタ処理 F の前処理として、上記マトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)から生成したマトリクス M による線形フィルタのゼロクロス周波数を含む帯域 I およびその高周波側を減衰させる線形ローパスフィルタ L を画像データに施すこと、及び上記フィルタ処理 F の後処理として、上記線形ローパスフィルタ L との合成フィルタが上記帯域 I を強調することになる線形高域強調フィルタ H を施すことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】前記マトリクス M を、前記各マトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)の全てを含むことができる最小サイズのマトリクスであって、その各成分を上記各マトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)において対応する成分のうちで絶対値が最大となるものとする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項3】前記帯域 I は、前記マトリクス M による線形フィルタにおける周波数空間の直流から最も離れているゼロクロスと直流に最も近いゼロクロスとを検出し、直流から最も離れているゼロクロスの距離を半径とする円の内側と直流に最も近いゼロクロスの距離を半径とする円の外側との共通部分として決定される請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項4】前記線形ローパスフィルタ L および前記線形高域強調フィルタ H は、それぞれ、単調減少関数および単調増加関数とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項5】前記線形ローパスフィルタ L は、ゼロクロスを持たない請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項6】前記線形ローパスフィルタ L を次数 n のバターワースフィルタとし、前記線形高域強調フィルタ H を次数 $n-2$ のバターワースフィルタの逆フィルタとした請求項4に記載の画像処理方法。

【請求項7】前記線形ローパスフィルタ L のカットオフ周波数と前記線形高域強調フィルタ H の逆フィルタのカットオフ周波数とを同じにする請求項4に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像処理方法に関し、特に画像データに対するノイズの低減処理技術およびその前後処理技術に関する。

【0002】

【従来の技術】ノイズに埋もれた S/N の悪い画像データに対して、画像処理によって S/N を向上させる技術は、画像処理の分野では古くから研究されており、多種多様な方法が考えられてきた。

【0003】このうち、適応型非線形フィルタと呼ばれるフィルタを用いて、画像データをフィルタリングする

ことにより S/N を向上させる技術が知られている。これは、画像を構成するのに重要な要素、例えばエッジなどの構造を各画素ごとに何らかの方法で推定し、その推定結果に応じてその構造物を壊さないような平滑化処理を適応的に行うものである。

【0004】平滑化の方法としては、各画素ごと等方的に平滑化するタイプのフィルタを用いる方法と、平滑化に異方性のあるタイプのフィルタを用いる方法とがある。ここで、異方性のあるタイプの適応型非線形フィルタの例としては、特開平4-188283号「画像処理方法および装置」に開示されたものなどがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】適応型非線形フィルタにおける構造推定は、そのフィルタが保存しようとする構造を予めモデル化しておき、画像データをそのモデルに当てはめるような方法が通常採られる。モデル化の方法は、構造の形状を分類したテンプレートであったり、確率統計論的な方法であったりするが、単純な2値画像などは別として、十分な構造のモデル化は一般に難しい。従って、対象とする画像やノイズの特性を考慮した最適と思われる方法で構造を近似することになる。

【0006】しかし、 S/N が悪くなるとノイズの影響により、構造のモデルによる近似誤差が無視できなくなり画像歪みが発生する。また、ノイズによる偽構造がモデルに適合してしまうことによって、ノイズ成分の構造化現象が生じる場合もある。

【0007】特に、適応型非線形フィルタはエッジ等の急峻な構造を保存しようという処理であるため、相対的に高周波成分が強調される傾向にあり、構造のモデル化の方法と平滑化方法に依存する特有な偽像が知覚されやすくなる。

【0008】例えば、医用画像を対象にした場合など、ノイズ低減処理による分解能劣化を極力抑えたいときには平滑化効果の異方性を強くする必要にせまられる。このとき、平滑化処理が構造物の方向に依存して変わる非対称的な処理のため、平滑化の強くなる方向と弱くなる方向との平滑化効果の差による格子状（あるいは縞模様）の偽像を発生させることがある。

【0009】本発明は、ノイズ低減を目的とした適応型非線形フィルタ処理を画像データに施す際に、該フィルタ処理を施すことにより発生する画像歪みや偽像の発生を防ぎながらノイズ低減効果を高めることができる画像処理方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る画像処理方法は、複数個用意されたマトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)から画像データの各画素ごとに1つのマトリクス F_i を選択し、選択したマトリクス F_i を用いて平滑化を行うフィルタ処理 F を含み、上記フィルタ処理 F の前処理として、上記マトリクス F_i ($i=1, 2, \dots$)から生成したマトリ

クスMによる線形フィルタのゼロクロス周波数を含む帯域Iおよびその高周波側を減衰させる線形ローパスフィルタLを画像データに施すこと、及び上記フィルタ処理Fの後処理として、上記線形ローパスフィルタLとの合成フィルタが上記帯域Iを強調することになる線形高域強調フィルタHを施すことを特徴とする。

【0011】マトリクスMは、例えば、前記各マトリクス F_i ($i=1,2,\dots$)の全てを含むことができる最小サイズのマトリクスであって、その各成分を上記各マトリクス F_i ($i=1,2,\dots$)において対応する成分のうちで絶対値が最大となるものとしたものを用いる。

【0012】帯域Iは、マトリクスMによる線形フィルタの周波数特性からゼロクロスする周波数を全て含む帯域とするが、具体的には、周波数空間の直流から最も離れているゼロクロスと直流に最も近いゼロクロスとを検出し、直流から最も離れているゼロクロスの距離を半径とする円の内側と直流に最も近いゼロクロスの距離を半径とする円の外側との共通部分をゼロクロスを含む前記帯域Iとして決定するとよい。

【0013】前記線形ローパスフィルタLおよび前記線形高域強調フィルタHは、それぞれ、単調減少関数および単調増加関数とするとよい。また、前記線形ローパスフィルタLはゼロクロスを持たないようなものとするのがよい。

【0014】具体的には、前記線形ローパスフィルタLを次数nのバターワースフィルタとし、前記線形高域強調フィルタHを次数n-2のバターワースフィルタの逆フィルタで実現できる。また、前記線形ローパスフィルタLのカットオフ周波数と前記線形高域強調フィルタHの逆フィルタのカットオフ周波数とを同じにするとよい。

【0015】

【作用】後述する実施例の欄で説明するように、帯域Iは、この帯域のエネルギーを減衰させると構造の劣化を極力抑えてノイズ低減効果を最も大きくすることができる領域であり、フィルタ処理Fはこの帯域Iを大きく減衰させるが、このため、帯域Iよりも高域のノイズ成分を強調してしまう。上記線形ローパスフィルタLは、周波数帯域Iよりも高周波側を抑圧することにより、構造モデルの近似誤差により発生する高周波ノイズを抑えることができる。さらに、上記高域強調フィルタHは、フィルタLとHの合成フィルタの周波数帯域Iを強調するようなものを選んでいから、フィルタFによる周波数帯域Iのエネルギーの減衰を補うことによって相対的な高域強調を抑える。これにより、ノイズ成分のみを十分減衰させたまま、線形ローパスフィルタLによるエッジ等のぼけを回復させることができる。

【0016】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【0017】まず、実施例の画像処理方法を説明する前に、構造のモデル化が単純な場合に適応型非線形フィルタ処理がどのような周波数特性を示すかについて説明する。

【0018】いま、図5に示すような5*5のマトリクスを用いて構造の推定と平滑化処理を行う適応型非線形フィルタ処理Fを考える。構造の推定と平滑化の方法はどのようなものでも良いが、いずれにしても各画素ごとの構造の推定結果に応じて5*5のマトリクスの各成分の重み係数が変化し、このマトリクスに従う重み付け平均処理によりノイズ低減を行うものとする。

【0019】ここで、構造のモデル化が単純であるということ、構造によって決まる重み係数のマトリクス集合の元の個数（要素の数、図5の例では8つ）が少なく、各マトリクスにおいて0以外の成分（図5の例では斜線部分）の値が一定であると定義する。故に、構造のモデル化が単純であるほど、適応型非線形フィルタ処理Fの処理後の周波数特性は、5*5の矩形窓関数による線形フィルタの周波数特性に近づくことになる。

【0020】5*5の矩形窓関数による線形フィルタの周波数特性を調べると、振幅特性は、図2のようになる。図2は、周波数空間の ω x軸のプロファイルであるが、窓関数のカットオフが急激なためサイドローブが発生し、ゼロクロス周波数 W_i ($i=1,2$)が中高域周波数領域に離散的に存在する。

【0021】従って、構造のモデル化が単純な適応型非線形フィルタFは、図3のフィルタF処理後の周波数特性のグラフ302のように、ゼロクロス周波数 W_i 付近の中域周波数成分のエネルギーを極端に減衰させる傾向がある。

【0022】加えて、適応型非線形フィルタ処理では、エッジなど急激な変化を保存する性質により、高周波成分は相対的に強調される。例えば図3の周波数特性のグラフ302において、エネルギーが減衰するゼロクロス周波数 W_i 付近より高周波側の成分が相対的に強調されている。

【0023】このような特性は、各画素ごとの構造のモデル適合度に応じて生じる平滑化効果の差を強調し、画像歪みや偽像を発生させる危険性がある。このような周波数特性を示すと必ず画像歪みや偽像が発生するわけではないが、モデル化の方法や平滑化方法（特に平滑化処理の異质性）によっては悪影響をおよぼす原因となる。

【0024】以上を考慮し、本実施例では、まず5*5の矩形窓関数を線形フィルタとして使用したときのゼロクロス周波数すべてを含む周波数帯域Iを、図1の領域101のように決定する。そして、適応型非線形フィルタ処理Fの前処理として、周波数帯域Iを含む高周波側を線形Low-passフィルタLでゆるく減衰させておく。

【0025】また、適応型非線形フィルタ処理Fの後処理として、線形Low-passフィルタLによって失われたエ

エネルギーを高域強調フィルタHによって回復させる処理を行う。このときのフィルタHは、フィルタLとフィルタHの処理を続けて行った場合の周波数特性が図1の102のように周波数帯域Iを強調するようなものを選ぶ。

【0026】前処理としての線形Low-passフィルタLは、図3の301のような減衰特性を有するものである。これにより、周波数帯域Iよりも高周波側で発生する強調領域を抑圧することにより、構造モデルの近似誤差のため発生するノイズの高周波成分を抑える働きがある。

【0027】対象とする画像に対して周波数帯域Iは、この領域のエネルギーを減衰させると構造の劣化を極力抑えながらノイズ低減効果を最も大きくすることができる帯域と考えられる。逆に言うと、適応型非線形フィルタFは、周波数帯域Iを大きく減衰させると同時に高周波成分は極力保存されるように設計されていると考えられる。このような、周波数帯域Iを検出して、それを含む高周波側をゆるく減衰させるため局所構造のモデルによる近似誤差を抑えることができる。

【0028】Low-passフィルタLは線形フィルタであり、エッジ等をばかすので、フィルタ処理L、Fの後に高域強調フィルタでばけを補正する必要がある。

【0029】ここで、フィルタL、Fで処理後、フィルタFの特性により再び周波数帯域Iのパワーが減衰することに注意する。従って、フィルタLの逆フィルタのような高域強調フィルタを施すと、減衰させておいた周波数帯域Iより高周波側の成分を再び強調することになり、前処理としてのLow-passフィルタLの効果が消失してしまう。

【0030】そこで、高域強調フィルタHとしては、図1の102のように、フィルタLとHの合成フィルタの周波数特性が周波数帯域Iを強調するようなものを選び、フィルタFによる周波数帯域Iのエネルギーの減衰を補うことによって相対的高域強調を抑えるようにする。すなわち、周波数帯域Iより高周波側のエネルギー損失分を帯域Iに繰り込む形となる。これにより、ノイズ成分のみを十分減衰させたまま、Low-passフィルタLによるエッジ等のばけを回復させることができる。

【0031】なお、線形Low-passフィルタLは、ゼロクロスを持たないものがよい。ゼロクロスを持つものでは、そのゼロクロスの周波数の成分が完全に減衰されてしまい、後処理で回復が不能になるからである。また、線形Low-passフィルタLと高域強調フィルタHの逆フィルタのカットオフ周波数は、同じにするとよい。そのようにすると、合成フィルタLHのピークがカットオフ周波数付近になり、帯域Iを強調するように容易に設定できるようになるからである。

【0032】本発明の実施例をさらに詳しく説明する。以下では、対象となる画像データをMRI (Magnetic R

esonance Imaging) とした場合について説明する。適応型非線形フィルタとしては、特願平5-140334号「ノイズ低減フィルター」のフィルタを採用する。以下では、この適応型非線形フィルタを方向依存フィルタFと呼ぶことにする。

【0033】まず、方向依存フィルタFの処理方法を、図4を参照して簡単に説明する。ここでは、2次元画像I(i,j)を256*256サイズの正方形マトリクスで表現するものとする。

【0034】方向依存フィルタFの処理では、まず、各画素(i,j)を中心として、図5に示されるような5*5のマトリクス内の8方向に対応する濃度変化の大きさE(i)(i=1~8)を、以下の式にしたがって計算する。

【0035】

$$\Delta_{k,1}(i,j) = |I(i+k,j+1) - I(i,j)| \quad (k,l=-2 \sim 2)$$

$$E(1) = \Delta_{0,1}(i,j) + \Delta_{0,-1}(i,j) + \Delta_{0,2}(i,j) + \Delta_{0,-2}(i,j)$$

$$E(2) = \Delta_{-1,1}(i,j) + \Delta_{1,-1}(i,j) + \Delta_{1,1}(i,j) + \Delta_{-1,-1}(i,j)$$

$$E(3) = \Delta_{-1,1}(i,j) + \Delta_{1,-1}(i,j) + \Delta_{-2,2}(i,j) + \Delta_{2,-2}(i,j)$$

$$E(4) = \Delta_{-1,1}(i,j) + \Delta_{1,-1}(i,j) + \Delta_{2,-1}(i,j) + \Delta_{-2,1}(i,j)$$

$$E(5) = \Delta_{1,0}(i,j) + \Delta_{-1,0}(i,j) + \Delta_{2,0}(i,j) + \Delta_{-2,0}(i,j)$$

$$E(6) = \Delta_{-1,-1}(i,j) + \Delta_{1,1}(i,j) + \Delta_{2,1}(i,j) + \Delta_{-2,-1}(i,j)$$

$$E(7) = \Delta_{-1,-1}(i,j) + \Delta_{1,1}(i,j) + \Delta_{2,2}(i,j) + \Delta_{-2,-2}(i,j)$$

$$E(8) = \Delta_{-1,-1}(i,j) + \Delta_{1,1}(i,j) + \Delta_{1,2}(i,j) + \Delta_{-2,-1}(i,j)$$

【0036】次に、濃度変化の大きさE(i)(i=1~8)が最小となる方向にある5画素から単純平均を計算し、この平均値を注目画素(i,j)の出力とする。以上の処理を、全画素に行うことによってノイズ低減処理画像J(i,j)を得る。

【0037】次に、線形Low-passフィルタLの決め方について説明する。上記のように、方向依存フィルタFには平滑化効果に強い異方性が存在し、各画素ごとに、図5で示される方向の1次元平滑化F_i (i=1~8)のいずれかが選択される。

【0038】ここで、上述の説明では、直接図2のような矩形窓関数の周波数特性を持ち出して説明したが、実際には、複数用意されたフィルタF_i (i=1~8)から適当なマトリクスを作成し、その線形フィルタの周波数特性を利用するようにしている。具体的には、図1の下段に示すように、すべてのフィルタF_i (i=1~8)を含む最小サイズのマトリクスM(104)であって、そのマトリクスMの各成分は各マトリクスF_i (i=1~8)において対応する成分のうち絶対値が最大のものとした5*5の正方形マトリクスMを作成する。

【0039】各マトリクスF_i (i=1~8)は、単純平均で

あり重み係数はすべて一定値(例えば、 $1/5$)であるので、方向依存フィルタFの周波数特性は、 5×5 の矩形窓関数に近くなる。既に説明したように、この 5×5 の矩形窓関数の周波数特性は、図2のような振幅特性を示す。

【0040】ここでゼロクロス周波数は、直流からの距離が $42/128 \sim 86/128$ の領域の間にあることがわかる。この周波数帯域が、既に図1や図3で説明した領域I(101)となる。

【0041】本実施例の方向依存フィルタFでは、この帯域Iの周波数成分が抑圧される傾向がある。そこで、前処理として、 $100/128$ をカットオフ周波数とする線形Low-passフィルタLをかけて、方向依存フィルタFによる周波数帯域Iの高周波側に発生する相対的高域強調を抑えるようにする。

【0042】なお、一般にMRI画像は、画像構成に重要な要素が低周波から高周波まで一様に広がっているため、明確なカットオフ周波数を設定することが難しい。従って、線形Low-passフィルタLとしては、バターワースフィルタのようなカットオフ周波数が不明瞭なものが良い。そこで、振幅の減衰特性を以下の式で表わせる線形Low-passフィルタを、 $L(\omega_0, n) = L'(\omega x, \omega y)$ とする。

【0043】 $h(\omega) = 1/\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^{2n}}$

$L(\omega_0, n) = L'(\omega x, \omega y) = h(\sqrt{\omega x^2 + \omega y^2})$

【0044】通常、バターワースフィルタは、上記の振幅減衰とともに、カットオフ周波数で $-\pi$ から π への折り返しが起こるような位相シフトを伴うが、簡単のために線形Low-passフィルタ $L(\omega_0, n)$ では、位相シフトは行わず単に振幅減衰だけを行うフィルタとした。もちろん、位相シフトを伴うバターワースフィルタを用いてもよい。ここで、上記の目的を満たす条件として、 $\omega_0 = 100/128$ 、 $n=4$ を選ぶと、図6のような特性を示す。

【0045】次に、中高域強調フィルタHの決め方を説明する。中高域強調フィルタHとしては、合成フィルタLHが周波数帯域Iを強調するようになるものを用いる。これにより、線形Low-passフィルタ $L(100/128, 4)$ によるエッジ部のぼけをノイズの増幅を最低限に抑えて復元することができる。

【0046】本実施例では、中高域強調フィルタHとして、 $L(100/128, 2)$ の逆フィルタ $1/L(100/128, 2)$ を採用する。図7に、この中高域強調フィルタHの周波数特性を示す。図8に、フィルタLとHの合成フィルタ $L(100/128, 4)/L(100/128, 2)$ の周波数特性を示す。図8により、合成フィルタLHが周波数帯域Iを強調するようになっていることが分かる。逆にいえば、合成フィルタLHが周波数帯域Iを強調するように、中高域強調フィルタHを定めたことになる。

【0047】以上のように決定したフィルタL、Hと方向依存フィルタFから、合成フィルタGを、次のように構成する。

【0048】 $G = L F H$

【0049】フィルタGは、計算機上でのソフトウェアで実現してもデジタル回路で実現しても良い。いずれにしても、フィルタGをMRI画像Iに適用すると、方向依存フィルタFを単独でかけるよりも不自然な画像歪みを発生させることなく、ノイズ低減効果が上げることができる。

【0050】本実施例ではMRI画像を対象にしたため、線形Low-passフィルタと高域強調フィルタの特性をバターワースとしたが、他の対象画像に対しては、その画像の特性にあったフィルタを選ぶべきである。

【0051】また、MRIは断層像の周波数成分を計測する装置であるため、計測データを離散フーリエ変換することによって目的の断層像を得ることができる。このとき、計測データに直に上記の線形Low-passフィルタLをかけることによって、フィルタ処理時間を節約することができる。

【0052】以上の実施例では画像データは2次元画像であったが、容易に3次元または高次元の画像データに拡張することができる。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、ノイズ低減を目的とした適応型非線形フィルタ処理を画像データに施す際に、該フィルタ処理を施すことにより発生する画像歪みや偽像の発生を防ぎながらノイズ低減効果を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の全体構成を示す図。

【図2】 5×5 の矩形窓関数による周波数特性を示す図。

【図3】適応型非線形フィルタの周波数特性の例とLow-passフィルタの減衰特性を示す図。

【図4】方向依存フィルタの処理チャートを示す図。

【図5】方向依存フィルタの平滑化マトリクスを示す図。

【図6】実施例中の線形Low-passフィルタの周波数特性を示す図。

【図7】実施例中の線形高域強調フィルタの周波数特性を示す図。

【図8】実施例中の線形Low-passフィルタと高域強調フィルタとの合成フィルタの周波数特性を示す図。

【符号の説明】

101…ゼロクロス周波数が存在する領域I

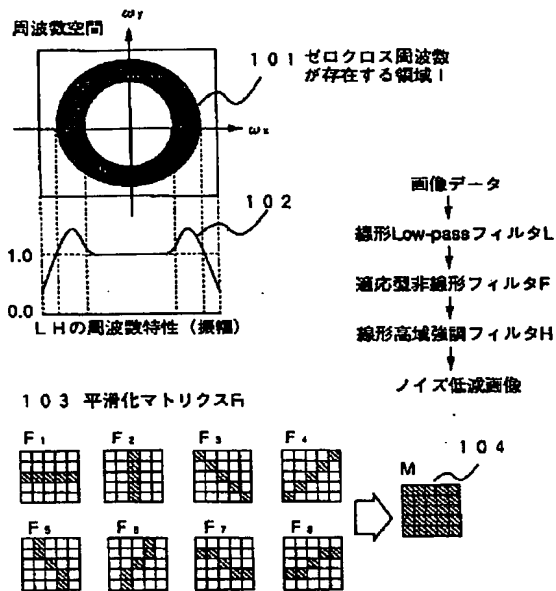
102…線形Low-passフィルタと高域強調フィルタの合成フィルタの周波数特性

104…適応型非線形フィルタの平滑化フィルタすべてを含む最小なマトリクス

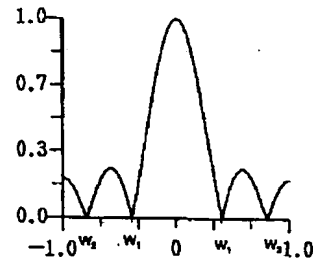
301…線形Low-passフィルタの周波数特性

302…適応型非線形フィルタの周波数特性

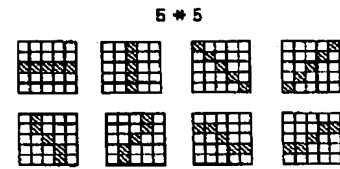
【図1】



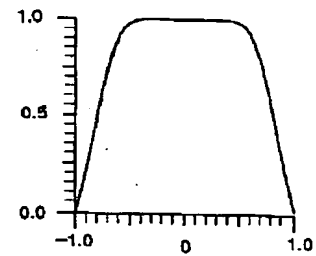
【図2】



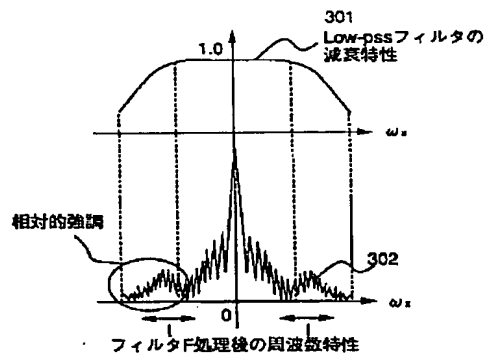
【図5】



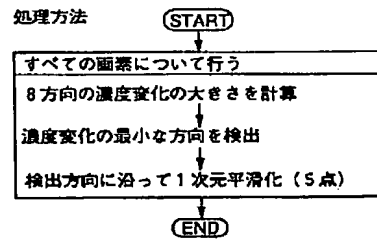
【図6】



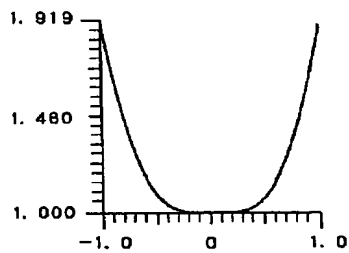
【図3】



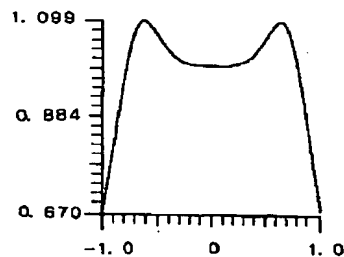
【図4】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 田口 順一
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株
式会社日立製作所システム開発研究所内